

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 42 13 579 A 1

51 Int. Cl. 5: Dth-SET-21US
C 03 C 3/087

21 Aktenzeichen: P 42 13 579.6
22 Anmeldetag: 24. 4. 92
43 Offenlegungstag: 29. 10. 92

DE 42 13 579 A 1

NO

30 Unionspriorität: 32 33 31

26.04.91 JP 125165/91

71 Anmelder:

Nippon Sheet Glass Co., Ltd., Osaka, JP

74 Vertreter:

Kraus, W., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Weisert, A.,
Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Spies, J., Dipl.-Phys.,
Pat.-Anwälte; Nielsen, F., Dr., Rechtsanw., 8000
München

72 Erfinder:

Nakaguchi, Kunio, Kawanishi, Hyogo, JP; Sunada,
Takashi, Itami, Hyogo, JP; Tanaka, Hiroyuki,
Takarazuka, Hyogo, JP; Toshikiyo, Yoshikazu, Suita,
Osaka, JP; Nagashima, Yukihiro, Nishinomiya,
Hyogo, JP

54 Alkalifreies Glas

57 Beschrieben wird ein alkalifreies Glas, das im wesentlichen von Alkalimetalloxid frei ist und das im wesentlichen 56 bis 68 Mol-% SiO_2 , 7 bis 17 Mol-% B_2O_3 , 5 bis 13 Mol-% Al_2O_3 , 0 bis 9 Mol-% MgO , 2 bis 12 Mol-% CaO , 0 bis 3 Mol-% SrO , 0 bis 10 Mol-% BaO , 0 bis 3 Mol-% ZnO , 0 bis 4 Mol-% TiO_2 , 0 bis 4 Mol-% ZrO_2 und 0 bis 1,5 Mol-% Läuterungsmittel enthält, mit der Maßgabe, daß der Bedingung $\text{B}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 2,2$ genügt wird.

DE 42 13 579 A 1

copied
from
SET-20
US

Beschreibung

Die Erfindung betrifft alkalifreies Glas mit ausgezeichneter Hitzebeständigkeit und chemischer Beständigkeit, das in der elektronischen Industrie als Substratmaterial etc. verwendet werden kann.

In den letzten Jahren sind Substrate aus alkalifreiem Glas oftmals als transparente Substrate von Displays etc. verwendet worden. Transparente leitende Filme, isolierende Filme, verschiedene Halbleiterfilme und dgl. werden auf den Oberflächen dieser Substratgläser gebildet und es erfolgt eine Musterbildung um Schaltkreise zu bilden. Da beim Bildungsprozeß der Filme auf den Glassubstraten eine Hitzebehandlung bei hohen Temperaturen durchgeführt wird, müssen die Glassubstrate eine genügende Hitzebeständigkeit haben, so daß sie solchen Temperaturen widerstehen können. Wenn weiterhin Ionen von Alkalimetallen, wie Natrium etc., in Halbleiterelemente eingearbeitet werden, dann erfolgen Qualitätsverschlechterungen. Wenn die Glassubstrate Alkalimetalloxide enthalten, dann diffundieren Alkaliionen während der Wärmebehandlung in die Halbleiterelemente hinein und die Qualität der Halbleiterelemente wird verschlechtert. Es ist daher notwendig, daß die Glassubstrate von Alkalimetalloxiden praktisch frei sind. Da beim Musterbildungsprozeß eine chemische Behandlung mit Flußsäure, Alkalien etc. durchgeführt wird, ist es erforderlich, daß die Glassubstrate als solche durch diese Chemikalien nicht korrodiert werden. Wenn weiterhin in den Gläsern Bläschen, Steine, Streifen u. dgl. vorhanden sind, dann werden die Displays fehlerhaft. Somit müssen die Gläser optisch homogen sein. Neben diesen Bedingungen ist es erwünscht, daß es bei der Herstellung der Gläser keine Probleme gibt, d. h. daß die Gläser eine gute Schmelzbarkeit, eine hohe Verformbarkeit haben und für die Massenproduktion geeignet sind.

Glas #7059 der Corning Glass Works ist als Glas, das annähernd den obigen Erfordernissen entspricht, verwendet worden. Da das Glas #7059 jedoch ein Aluminoborosilicatglas, das eine große Menge von Barium enthält, ist, ist es mit den Nachteilen behaftet, daß die Viskosität des Glases bei hoher Temperatur hoch wird und daß es kaum geschmolzen werden kann. Weiterhin hat es eine niedrige untere Kühltemperatur und somit eine niedrige Hitzebeständigkeit.

In den letzten Jahren sind weiterhin Aluminoborosilicatgläser vorgeschlagen worden, die andere Erdalkalioxide als von Barium enthalten.

So wird in der JP-OS 74 935/1988 (Kokai) ein Glas für Substrate beschrieben, das eine ausgezeichnete chemische Beständigkeit besitzt, weil es weder Oxide von Magnesium noch von Blei enthält. Dieses Glas hat aber eine hohe Viskosität bei hohen Temperaturen und eine schlechte Schmelzbarkeit. Weiterhin ist es für die Massenproduktion nicht geeignet. In dieser Veröffentlichung wird beschrieben, daß das Glas TiO_2 und ZrO_2 enthalten kann. Die durch TiO_2 und ZrO_2 angegebenen Effekte werden jedoch in dieser Veröffentlichung nicht angegeben. Auch in den Beispielen wird dies nicht gezeigt.

Die JP-OS 1 60 844/1989 (Kokai) beschreibt ein alkalifreies Glas mit einer unteren Kühltemperatur von mehr als 625°C . Dieses Glas ist aber für die Bildung einer Überfließ-Abwärtszug-Platte bestimmt und es hat eine hohe Viskosität bei hoher Temperatur. Daher ist es für die Massenproduktion durch beispielsweise das Verfahren zur Herstellung von Fensterglas nicht geeignet.

Die JP-OS 2 01 041/1989 (Kokai) beschreibt ein alkalifreies Glas, das von ZnO frei ist und das nach dem Herstellungsverfahren für Fensterglas gebildet werden kann. Diese Druckschrift beschreibt zwar, daß ZrO_2 , TiO_2 etc. zugesetzt werden können, um die Schmelzbarkeit, die Läuterung und die Formbarkeit zu verbessern, jedoch wird die Tatsache nicht erwähnt, daß ZrO_2 und TiO_2 die chemische Beständigkeit des alkalifreien Glases verbessern. Da weiterhin das genannte Glas relativ große Mengen von BaO und SrO enthält, sind die Kosten für die Ausgangsmaterialien hoch.

Die JP-OS 1 33 334/90 (Kokai) beschreibt ein alkalifreies Glas für Substrate, dessen chemische Beständigkeit (chemische Dauerhaftigkeit) dadurch verbessert worden ist, daß der Gehalt von MgO auf weniger als 2 Gew.-% eingestellt wird und daß weiterhin TiO_2 und ZrO_2 eingearbeitet werden. Da das genannte Glas zur Verbesserung der Hitzebeständigkeit relativ viel SiO_2 enthält, ist die Schmelzbarkeit schlecht. Daher ist das genannte Glas für die Massenproduktion nicht geeignet.

Aufgabe dieser Erfindung ist es, die obigen Mängel zu überwinden und ein alkalifreies Glas bereitzustellen, das eine genügende Flußsäurebeständigkeit und eine hohe untere Kühltemperatur hat und trotzdem eine ausgezeichnete Schmelzbarkeit und Verformbarkeit aufweist, wobei das genannte Glas erforderlichenfalls durch ein Verfahren zur Herstellung von Fensterglas verformt werden soll.

Das erfindungsgemäße alkalifreie Glas enthält 56 bis 68 Mol.-% SiO_2 , 7 bis 17 Mol.-% B_2O_3 , 5 bis 13 Mol.-% Al_2O_3 , 0 bis 9 Mol.-% MgO , 2 bis 12 Mol.-% GaO , 0 bis 3 Mol.-% SrO , 0 bis 10 Mol.-% BaO , 0 bis 3 Mol.-% ZnO , 0 bis 4 Mol.-% TiO_2 , 0 bis 4 Mol.-% ZrO_2 und 0 bis 1,5 Mol.-% Läuterungsmittel, mit der Maßgabe, daß der Bedingung $\text{B}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3 \leq 2,2$ genügt wird.

Nachstehend werden die Gründe für die Begrenzung der Mengen der einzelnen Komponenten angegeben.

Wenn die SiO_2 -Menge weniger als 56 Mol.-% ist, dann wird die chemische Dauerhaftigkeit des Glases vermindert. Wenn sie andererseits über 68 Mol.-% hinausgeht, dann nimmt die Schmelzbarkeit des Glases ab, die Bildungstemperatur wird erhöht und die Verformbarkeit verschlechtert sich. Die SiO_2 -Menge beträgt vorzugsweise 61 bis 64 Mol.-%.

B_2O_3 erhöht die Flußsäurebeständigkeit des Glases zusammen mit dem SiO_2 und es vermindert die Viskosität des Glases bei hoher Temperatur. Es verbessert die Schmelzbarkeit. Bei Mengen von B_2O_3 von weniger als 7 Mol.-% ist das Glas schwer zu schmelzen. Bei Mengen von mehr als 17 Mol.-% wird die Hitzebeständigkeit des Glases vermindert. Die B_2O_3 -Menge beträgt vorzugsweise 10 bis 14 Mol.-%.

Um die Flußsäurebeständigkeit des Glases zu erhöhen und eine gute Schmelzbarkeit und Hitzebeständigkeit aufrechtzuerhalten, ist es zweckmäßig, daß die Gesamtmenge von SiO_2 und B_2O_3 70 bis 77 Mol.-%, vorzugsweise 72 bis 75 Mol.-%, beträgt.

Al_2O_3 verbessert die Hitzebeständigkeit des Glases und es unterdrückt die Phasentrennung. Bei Al_2O_3 -Men-

gen von weniger als 5 Mol-% tritt nur ein geringer Effekt hinsichtlich der Unterdrückung der Phasentrennung des Glases auf. Andererseits nimmt bei Mengen von mehr als 13 Mol-% die Säurebeständigkeit des Glases ab und das Glas wird schwer schmelzbar. Die Al_2O_3 -Menge beträgt vorzugsweise 7 bis 10 Mol-%.

Das $\text{B}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Verhältnis steht mit dem Auftreten einer Phasentrennung im Zusammenhang. Es ist notwendig, daß der Bedingung $\text{B}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3 \leq 2,2$ genügt wird. Bevorzugt wird, daß der Bedingung $\text{B}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3 \leq 1,8$ genügt wird.

SiO_2 , B_2O_3 und Al_2O_3 sind Komponenten zur Bildung eines Glasnetzwerks. Wenn man die Gesamtmenge dieser Komponenten auf 80 bis 86 Mol-%, vorzugsweise 81 bis 85 Mol-%, einstellt, dann kann ohne Verschlechterung der Schmelzbarkeit des Glases ein Glas erhalten werden, das eine ausgezeichnete Hitzebeständigkeit und chemische Beständigkeit hat und einen mittleren Koeffizienten der thermischen Ausdehnung von weniger als $55 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ aufweist.

Das MgO wird dazu verwendet, um die Viskosität, die Entglasungsneigung und den Koeffizienten der thermischen Ausdehnung des Glases einzustellen. Wenn die Menge an MgO über 9 Mol-% hinausgeht, dann nimmt die Flußsäurebeständigkeit ab. Die Menge beträgt vorzugsweise 1 bis 6 Mol-%.

CaO vermindert die Hochtemperaturviskosität des Glases und es unterdrückt die Neigung zu einer Entglasung. Bei CaO -Mengen von weniger als 2 Mol-% sind die obigen Effekte nur gering. Wenn die Menge andererseits über 12 Mol-% hinausgeht, dann nimmt die Flußsäurebeständigkeit ab. Vorzugsweise beträgt die Menge 6 bis 10 Mol-%.

SrO und BaO unterdrücken die Phasentrennung, wobei das BaO einen höheren Effekt hat als das SrO . Weiterhin ist das SrO teuer. Demgemäß beträgt die Menge von SrO 3 Mol-% oder weniger, vorzugsweise 1 bis 3 Mol-%. Wenn die BaO -Menge über 10 Mol-% hinausgeht, dann wird der Koeffizient der thermischen Ausdehnung des Glases zu hoch. Weiterhin nimmt in diesem Fall die Hochtemperaturviskosität des Glases zu und die Schmelzbarkeit verschlechtert sich. Die BaO -Menge beträgt vorzugsweise 2 bis 9 Mol-%.

Das ZnO steigert die Flußsäurebeständigkeit im Vergleich zu den Erdalkalimetalloxiden, die das erfindungsgemäße Glas bilden. Wenn die ZnO -Menge jedoch größer als 3 Mol-% ist, dann nimmt die Hitzebeständigkeit des Glases ab. Sie beträgt vorzugsweise 2 Mol-% oder weniger. Da das ZnO reduziert werden kann, ist es zweckmäßig, kein ZnO als Glaskomponente zu verwenden, wenn das erfindungsgemäße Glas nach dem Fensterglasverfahren hergestellt wird.

TiO_2 ist eine erwünschte Komponente, um die chemische Dauerhaftigkeit des Glases zu verbessern. Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß das TiO_2 etwas die Hitzebeständigkeit vermindert, bei großen Mengen dazu neigt das Glas zu verfärben und teuer ist, wird daher die obere Grenze der TiO_2 -Menge auf 4 Mol-% angesetzt. Die TiO_2 -Menge beträgt vorzugsweise 3 Mol-% oder weniger.

ZrO_2 verbessert die chemische Dauerhaftigkeit und die Hitzebeständigkeit. Jedoch unter Berücksichtigung der Tatsache, daß bei erhöhten Mengen von ZrO_2 im Glas das Glas kaum geschmolzen werden kann und daß die Liquidustemperatur des Glases erhöht wird, wird seine Obergrenze auf 4 Mol-% festgesetzt. Die ZrO_2 -Menge beträgt vorzugsweise 2 Mol-% oder weniger. Die Gesamtmenge von TiO_2 und ZrO_2 beträgt vorzugsweise 0,4 bis 4 Mol-%.

Da TiO_2 und ZrO_2 die chemische Dauerhaftigkeit erhöhen, ist ihre Gesamtmenge vorzugsweise 0,4 Mol-% oder mehr. Wenn jedoch die Gesamtmenge über 4 Mol-% hinausgeht, dann treten Probleme, wie die Verfärbung des Glases, eine Verschlechterung der Schmelzbarkeit und eine Erhöhung der Liquidustemperatur, auf.

Als Läutermittel können die Mittel verwendet werden, die üblicherweise beim Schmelzen des Glases eingesetzt werden.

Beispiele hierfür sind As_2O_3 , Sb_2O_3 und CeO_2 , die durch eine Redoxreaktion Sauerstoff freisetzen und absorbieren, Sulfate, wie BaSO_4 , CaSO_4 und SrSO_4 , und halogenhaltige Verbindungen, wie CaCl_2 und CaF_2 . Wenn die Menge der Läutermittel über 1 Mol-% hinausgeht, dann wird der Effekt auf die Läuterung des Glases nicht höher, und es muß umgekehrt befürchtet werden, daß die anderen Eigenschaften des Glases verschlechtert würden. Aus diesem Grunde beträgt die Gesamtmenge der Läutermittel 1,5 Mol-% oder weniger, vorzugsweise 0,5 Mol-% oder weniger. Die Menge der Läutermittel gibt die Menge von As_2O_3 , Sb_2O_3 oder CeO_2 , die als solche in dem Glas zurückbleiben, die Menge von BaSO_4 oder CaSO_4 , die als SO_3 in dem Glas zurückbleiben, und die Menge von CaCl_2 oder CaF_2 , die als Cl oder F in dem Glas zurückbleiben, an.

Das Glas kann Verunreinigungen, wie Eisen etc., enthalten, solange die Effekte der Erfindung nicht beeinträchtigt werden. Es ist vorgesehen, daß die Menge an Alkalimetalloxiden 0,5 Mol-% oder weniger beträgt.

Die Erfindung wird in dem folgenden Beispiel näher erläutert.

Beispiel

Ein Ansatz aus Siliziumdioxidsand, Borsäure, Aluminiumhydroxid, basischem Magnesiumcarbonat, Calciumcarbonat, Strontiumcarbonat, Bariumcarbonat, Zinkoxid, Titanoxid, Zirkoniumoxid und Läutermitteln wurde gemäß Tabelle 1 hergestellt. Bariumsulfat und Strontiumsulfat wurden als Läutermittel verwendet. Die Gesamtmenge an BaO und SrO aus den Läutermitteln betrug entsprechend dieser Formulierung 1 Mol-% oder weniger als SO_3 . Der Ansatz wurde in einen Platintiegel eingefüllt und geschmolzen, indem er 4 Stunden lang in einem Elektroofen bei 1500°C erhitzt wurde. Die Glasschmelze wurde zu einer Platte verformt und vergütet.

Die Tabelle 1 zeigt auch die Liquidustemperatur, die Schmelztemperatur, die Bearbeitungstemperatur, den Koeffizienten der thermischen Ausdehnung, den Glasübergangspunkt und Beständigkeit gegenüber Flußsäure.

Die Liquidustemperatur wurde wie folgt gemessen. Das Glas wurde pulverisiert, und die Glasteilchen wurden durch ein Sieb mit einer Maschenweite von $1680\ \mu\text{m}$ geleitet. Das auf einem Sieb mit einer lichten Maschenweite von $1190\ \mu\text{m}$ zurückbleibende Produkt wurde in Alkohol eingetaucht, mit Ultraschall gesäubert und in einem Ofen mit konstanter Temperatur getrocknet. Die genannten Glasteilchen wurden in viele Löcher mit einem

Durchmesser von 1 mm in ein Platinschiffchen in einer Linie, die in Längsrichtung des Schiffchens verlief, eingegeben. Das Ganze wurde 4 Stunden lang in einem Elektroofen aufbewahrt, der auf einen geeigneten Temperaturgradienten in Längsrichtung des Schiffchens eingestellt war. Die Glasteilchen auf dem aus dem Ofen entnommenen Platinschiffchen wurden inspiziert. Die maximale Temperatur, bei der eine Entglasung auftrat, wurde als Liquidustemperatur bezeichnet.

Die Viskosität wurde nach der Kugelzugmethode bestimmt.

Der Koeffizient der thermischen Ausdehnung des Glases wurde in einer einfachen Dilatometervorrichtung gemessen. Zu diesem Zeitpunkt wurde die Längenzunahme eines Glasstabs im Vergleich zu glasartigem Siliziumdioxid gemessen.

Die Glasübergangstemperatur wurde nach dem herkömmlichen Verfahren unter Verwendung einer thermischen Expansionskurve eines Glases gemessen.

Die Flußsäurebeständigkeit wurde durch die Gewichtsverminderung bezogen auf die Oberfläche nach dem Eintauchen einer polierten Glasprobe mit den Abmessungen $20 \times 30 \times 1$ (mm), die aus Flachglas herausgeschnitten war, in einer Mischlösung von 25°C aus 6 Gewichtsteilen einer wäßrigen Ammoniumfluoridlösung (40 Gew.-%) und 1 Gewichtsteil einer wäßrigen Flußsäurelösung (46 Gew.-%) bestimmt. Die Verweilzeit in der Mischlösung betrug 20 Minuten.

(Fußnoten)

TL: Liquidustemperatur

TM: Schmelztemperatur, bei der die Viskosität des Glases $10^{2,5}$ p beträgt

TW: Bearbeitungstemperatur des Glases, bei der die Viskosität des Glases 10^4 p wird

α : Durchschnittlicher Koeffizient der thermischen Ausdehnung des Glases für den Bereich von 50 bis 350°C ($\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$)

TG: Glasübergangstemperatur

Flußsäurebeständigkeit: mg/cm²

In Tabelle 1 ist das Vergleichsbeispiel Glas #7059 der Corning Glass Works.

Wie aus dem Beispiel ersichtlich wird, besteht in dem erfindungsgemäßen Glas nur eine geringe Differenz zwischen der Bearbeitungstemperatur und der Liquidustemperatur. Ein solches Glas kann daher leicht durch ein Walzverfahren oder das Fensterglasverfahren gebildet werden. Das Glas im Vergleichsbeispiel ist wegen seiner hohen Schmelztemperatur kaum geschmolzen und es ist für die Massenproduktion nicht geeignet. Beim erfindungsgemäßen Glas des Beispiels ist die Schmelztemperatur nicht so hoch und das Schmelzen erfolgt daher relativ leicht. Ein solches Glas ist daher gut für die Massenproduktion durch das Fensterglasverfahren etc. geeignet.

Was weiterhin die thermischen Eigenschaften betrifft, so hat das erfindungsgemäße Glas einen niedrigen Koeffizienten der thermischen Ausdehnung und eine hohe Glasübergangstemperatur. Es besitzt daher eine ausgezeichnete Hitzebeständigkeit.

Wie aus dem Beispiel weiterhin hervorgeht, hat das erfindungsgemäße alkalifreie Glas eine ausgezeichnete Hitzebeständigkeit und Flußsäurebeständigkeit sowie einen niedrigen Koeffizienten der thermischen Ausdehnung. Es ist daher für verschiedene Substrate geeignet wie sie auf dem Gebiet der Elektronikindustrie verwendet werden, zum Beispiel als Substrat für Displays, als Substrat für Photomasken u. dgl. Da schließlich das alkalifreie Glas eine ausgezeichnete Schmelzbarkeit und Verformbarkeit hat, ist es für die Massenproduktion, beispielsweise durch das Fensterglasverfahren, geeignet.

Tabelle 1

Mol-%	Beispiel										Vergleichs- beispiel 1	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		5
SiO ₂	58	59	61	61	63	61	62	62	62	62	62,5	
B ₂ O ₃	15	15	12	11	12	11	13	11	11	11	16,2	
Al ₂ O ₃	8	11	8	9	8	10	8	8	8	7	8,5	10
MgO	4	6	6	6	5	6	2	3	2	3	0	
CaO	4	3	7	9	6	6	9	4	8	5	0	
SrO	2	0	3	1	2	2	2	2	2	2	0,3	
BaO	7	4	2	2	2	0	2	9	5	8	12,5	
ZnO	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	15
TiO ₂	0	1	0	1	1	2	2	1	2	1	0	
ZrO ₂	2	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	
TL °C	1012	1084	1149	1143	1149	1171	1083	1035	1076	1082		
TM °C	1327	1412	1393	1409	1447	1424	1402	1397	1410	1388	1473	20
TW °C	1094	1165	1145	1160	1184	1186	1149	1139	1144	1135	1173	
	50	40	47	47	43	40	45	52	47	51	47	
TG °C	640	658	661	669	666	672	658	660	660	662	654	
Flußsäure- beständigkeit	0,79	0,69	0,84	0,80	0,71	0,73	0,71	0,78	0,69	0,71	0,71	25

Patentansprüche

1. Alkalifreies Glas, das im wesentlichen von einem Alkalimetalloxid frei ist, dadurch gekennzeichnet, daß es im wesentlichen 56 bis 68 Mol-% SiO₂, 7 bis 17 Mol-% B₂O₃, 5 bis 13 Mol-% Al₂O₃, 0 bis 9 Mol-% MgO, 2 bis 12 Mol-% CaO, 0 bis 3 Mol-% SrO, 0 bis 10 Mol-% BaO, 0 bis 3 Mol-% ZnO, 0 bis 4 Mol-% TiO₂, 0 bis 4 Mol-% ZrO₂ und 0 bis 1,5 Mol-% Läutermittel umfaßt, mit der Maßgabe, daß der Bedingung $B_2O_3/Al_2O_3 \leq 2,2$ genügt wird.
2. Alkalifreies Glas nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Gesamtmenge von SiO₂ und B₂O₃ 70 bis 77 Mol-% ist.
3. Alkalifreies Glas nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Gesamtmenge von SiO₂, B₂O₃ und Al₂O₃ 80 bis 86 Mol-% ist.
4. Alkalifreies Glas nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es 61 bis 64 Mol-% SiO₂ enthält.
5. Alkalifreies Glas nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es 10 bis 14 Mol-% B₂O₃ enthält.
6. Alkalifreies Glas nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es 7 bis 10 Mol-% Al₂O₃ enthält.
7. Alkalifreies Glas nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es 1 bis 6 Mol-% MgO enthält.
8. Alkalifreies Glas nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es 6 bis 10 Mol-% CaO enthält.

— Leerseite —